УДК 004.8

А.И. Тимофеев, В.А. Дмитриева
ОАО Национальный институт авиационных технологий (НИАТ), г. Москва, Россия
Россия, г. Москва, ул. Кировоградская, д.3

Онтологическая основа проекта «Искусственная разумная рука»

A.I. Timofeev, V.A. Dmitrieva
JSC National Institute of Aviation Technologies (NIAT)
Russia, Moscow, Kirovogradskaya, 3

Ontological Basis of the Project «Artificial Intellectual Hand»

А.І. Тимофєєв, В.А. Дмитрієва
ВАТ Національний інститут авіаційних технологій (НІАТ), м. Москва, Росія
Росія, м. Москва, вул. Кіровоградська, буд.3

Онтологічна основа проекту «Штучна розумна рука»

Раскрывается основная причина существования нерешенной актуальной проблемы в манипуляционной робототехнике и в протезостроении – *Надежность захвата неориентированных объектов сложных форм.* Решение проблемы основывается на бионическом подходе с применением формализованных междисциплинарных знаний с моделированием как функциональной системы человека – системы захвата, так и функциональных принципов двигательного акта руки человека. Онтологический подход является процессом структурирования закономерностей формализованных междисциплинарных знаний для разработки технических требований к проектированию.
Ключевые слова: онтология, закономерность, бионика, робототехника, междисциплинарные знания.

There is shown the mail reason of existence of actual unsolved problem in manipulating robotics and human articificial limbs – *Capture reliability of non-oriented complex shape objects – in the world.* Taking decition the problem is based on the bionic-like approach on the basis of application formalized interdisciplinary khowledge with simulating as structure of human functional system – the gripper system and so functional principles of movement act of human arm. Ontological approach of the project is the low structure process of formalization interdisciplinary knowledge before generation the technical requests of the project.
Key words : Ontology, lows, bionics, robotics, interdisciplinary khowledge.

Розкривається основна причина існування невирішеної актуальної проблеми в маніпуляційній робототехніці і в протезобудуванні – *Надійність захоплення неорієнтованих об'єктів складних форм.* Рішення проблеми ґрунтується на біонічному підході із застосуванням формалізованих міждисциплінарних знань з моделюванням як функціональної системи людини – системи захоплення, так і функціональних принципів рухового акту руки людини. Онтологічний підхід є процесом структурування закономірностей формалізованих міждисциплінарних знань для розробки технічних вимог до проектування.
Ключові слова: онтологія, закономірність, біоніка, робототехніка, міждисциплінарні знання.

Введение

Со времен XX века существует нерешенная актуальная проблема в манипуляционной робототехнике и в протезостроении – «Обеспечение надежности захвата неориентированных объектов сложных форм» – как необходимая стадия манипулирования с любым объектом.

Основная причина существования этой проблемы – это отсутствие до отрыва объекта от исходной позиции таких активных сил в новых точках контакта системы «Кисть-объект» как проекции силы веса в соответствии с физическими законами, и неизбежное образование этих сил в процессе манипулирования им (после отрыва объекта). Поэтому генерируется парадоксальная ситуация, когда сначала необходимо (роботу или человеку) принимать решение по надежному захвату объекта в начальных условиях до отрыва объекта, а затем реализовывать это решение в других условиях.

При манипулировании объектом это проявляется в достижении различных состояний равновесия сил и моментов в системе «Кисть-объект» (устойчивое, неустойчивое и т.д.) как результат реальной физической ситуации, как недостаточное информационное обеспечение манипуляционной робототехники. Если адаптация к неизвестной сложной форме (как топологическая задача) может быть реализована, например, применением системы технического зрения робота и адаптивного захватного устройства, то обеспечение надежности захвата (как физическая задача) по этой причине пока не имеет кардинального решения.

Доминирующие в современных системах управления манипуляционных роботов и в протезостроении числовые методы лишают их возможности использовать внутренние связи, отношения, в т.ч. в системе «Кисть-объект», в качестве признаков достижения надежности захвата. Поэтому манипуляционные возможности любого робота, связанные с захватом объекта, могут быть успешно реализованы только в узких границах детерминированной среды, заранее созданной или осознанной человеком.

Биологи утверждают, что возможности млекопитающихся прогнозировать развитие событий обеспечили их доминирование на нашей планете относительно класса птиц, класс пресмыкающихся и т.д. Очевидно, что известные возможности человека по переходу от примитивных уровней прогнозирования к высоким уровням способствовали, прежде всего, его доминированию среди остальных млекопитающихся.

Известно, что основная трудовая деятельность человека непрерывно связана с результатами его другой деятельности – детерминирования внешней среды – раскрытием смысловой составляющей исходной ситуации. Особенности этой деятельности носят вынужденный, постоянный и подсознательный характер.

Стратегия решения проблемы

Стратегия кардинального решения проблемы связана с бионическим подходом – с применением целенаправленно формализованных междисциплинарных знаний – биология, физика, психология, кибернетика, семиотика, информациология, лингвистика, робототехника и т.д. – ядра искусственного интеллекта – с техническим моделированием:

1.Структуры функциональной системы человека – системы захвата, включая моделирование пространственного осязания руки с формированием и оценкой тактильного образа закрепощений виртуальных перемещений объекта (образ ОЗВП), что проявяется в результате его деятельности.

2. Функциональных принципов двигательного акта руки человека, выявленных в результате проведения эксперимента в аналогичных условиях.

В целом, моделированием как интеллектуальных процессов на уровне принятия решения в условиях неопределенности, так и моделированием реализации этого решения на поведенческом уровне.

Это обеспечивает решение 2-х последовательных задач до отрыва объекта:

1. Детерминирование физической ситуации в системе «Кисть-объект».
2. Прогнозирование надежности захвата неориентированных объектов сложных форм (после отрыва объекта) как устойчивого состояния равновесия всех сил в точках контакта системы «Кисть-объект».

Детерминирование физической ситуации в системе «Кисть-объект»

Решение первой задачи базируется на применении *геометризации* физического компонента исходной информации на семантическом уровне, что обеспечивает передачу семантического компонента информации от физической задачи с неопределенными условиями к геометрической задаче в определенных условиях, раскрывая семантический компонент исходной информации, изменяя статус информации с «Закрытого» к «Открытому» для нашего сознания.

Вышеуказанное базируется на применении следующей *семиотической структуры отношений* контактных точек в качестве симбиоза *информациологии*, раскрывающей относительный геометрический мультиагентный ракурс недетерминированной физической ситуации, и *семиотики*, раскрывающей семантический компонент информации:

1. *Признак* – относительное безразмерное положение точек контакта в системе «Кисть-объект».
2. *Внутренние связи* – связь между первым и третьим компонентами структуры как результат формализованных описаний знаний.
3. *Семантика* – смысл результата взаимодействия контактных сил как семантический компонент информации.

На элементарном уровне семантический информационный компонент представляет собой *пару анти-весторов контактных сил*, приложенных к общей точке контакта, равных по модулю и противоположно направленных по условной оси. Это закрепощает виртуальное перемещение объекта по этой оси, причем работа этих сил согласно физическому принципу виртуальных перемещений Лагранжа равна нулю. Формализованные описания междисциплинарных знаний раскрыли *связи* между относительными положениями точек контакта – с одной стороны, и секторами ОЗВП – с другой.

В процессе пассивной адаптации захватного устройства к форме и положению объекта каждая новая точка контакта генерирует собственный квант (группу) различных внутренних отношений между этой точкой контакта и другими ранее образованными точками. *Множество взаимодействующих точек кон*такта – как основа мультиагентной системы, генерирующей эти отношения, – является основой *семантической сети отношений*. Это создает как условия для классификации отношений системой управления, так и создания геометрических секторов закрепощений виртуальных перемещений объекта в пространстве – основу образного представления семантического компонента реальной физической ситуации в системе «Кисть-объект» (до отрыва объекта):

$$\mathrm{IntR}(a_i;a_j) \Rightarrow \{f_i^{a}\}^{n} \cap \{f_j^{п}\}^{n} \Rightarrow \{e_{(i)}^{\;з}\}^{m} \Rightarrow \Delta\,\Phi^{n}_{(\alpha;\beta)} \quad (1)$$

$$C_з\{A_з\,(\mathrm{IntR}(a_i;a_j))\}^{N} \Rightarrow \Phi_{об}^{N}, \quad (2)$$

где: f_i^{a} ; $f_j^{п}$ – векторы виртуальных сил в точках ***ai,aj,*** $e_i^{\;з}$ – геометрический вектор ОЗВП, $\Delta\,\Phi^{n}_{(\alpha;\beta)}$ – сектор ОЗВП и его параметры, N – количество отношений, $\Phi_{об}^{N}$ – образ ОЗВП.

Прогнозирование надежности захвата

Решение второй задачи основывается на анализе и оценке образа ОЗВП с классификацией их отношений посредством сравнения с образом полного кинематического замыкания объекта (ПКЗО) в виде цели с детерминированием и классификацией их отклонений на допустимые и недопустимые как основу прогноза надежности захвата.

Для реализации этой деятельности разработан информационный *инструментарий прогнозирования* надежности захвата неориентированных объектов сложных форм в следующем составе:

1. Образ ОЗВП.
2. Образ полного кинематического замыкания объекта (ПКЗО).
3. Внутренние классификационные и причинно-следственные связи между образом ОЗВП, образом ПКЗО и контактными точками.

Это обеспечивает деятельность инструментария прогнозирования надежности захвата неориентированных объектов сложных форм, где:

Прогнозирование надежности захвата:

$$\Phi_{об}^{N} - [\Phi] \Rightarrow \Delta\Phi_{об}^{N} \Rightarrow sign\,\Delta\Phi_{об} \begin{vmatrix} \oplus\,\Delta\Phi > 0 \\ \oplus\,\Delta\Phi = 0 \\ \Theta\,\Delta\Phi < 0 \end{vmatrix} \Rightarrow ПР^{O}, \quad (3)$$

где $\Phi_{об}{}^{N}$ – фактический образ ОЗВП объекта; N – количество отношений; $[\Phi]$ – образ ОЗВП с допустимыми параметрами; $ПР^{O}$ – прогноз и его параметры.

Образ ОЗВП предназначен для применения в качестве константной величины, независимой от любых изменений сил в точках контакта в процессе манипулирования и обеспечивающей надежность захвата в соответствии с принципом Лагранжа.

В итоге решение этой проблемы обеспечивает *полноту ее сущности* и *полноту процедуры* принятия решения при применении целенаправленно формализованных междисциплинарных знаний. Оно так же включает в себя следующие три основных принципа Теории Познания:

– *Рациональность* – посредством применения решения, адекватного актуальной проблеме по существу;

– *Когнитивная относительность* – посредством применения семантической структуры отношений (с относительными безразмерными положениями точек контакта), связанных с геометрическими секторами закрепощений виртуальных перемещений объекта. Это позволяет распознавать как реальную физическую ситуацию в системе «Кисть-объект», так и применять множество оценок отношений точек контакта в качестве интегрального признака надежности захвата до отрыва объектов;

– *Ясность* – посредством применения информационного семантического компонента с образным представлением. Определение семантического компонента любой деятельности должно опережать реализацию этой деятельности.

Некоторые закономерности онтологического подхода и области их применения в проекте ИРР

Онтологический подход к проекту «Искусственная разумная рука» в своей сущности является *процессом структурирования закономерностей целенаправленных формализованных описаний междисциплинарных знаний* предметной области и предвосхищает разработку технического задания на проектирование.

1. Введение. Применение девиза: «*Смысл – прежде всего и везде»:*

1.1 Определение смыслов (проблемы, задач, ситуаций, процедуры поиска решений и т.д.), их структур и связей.

1.2 Опережение смысла любой предстоящей виртуальной деятельности, его структуры и связей.

1.3 Геометризация физического пространства ситуаций через образное структурированное представление всех его смыслов на единой основе (знаковые системы смыслового пространства).

1.4 «Слово» внутреннего языка смыслового пространства, его структура на семантическом уровне.

1.5 Единство структур смыслового пространства (на различных информационных уровнях)

1.6 Информационный инструментарий прогнозирования результатов виртуальной деятельности ИРР и его структура.

2. Формализованные описания междисциплинарных знаний:

2.1 Целенаправленность описания различных дисциплин через совместимость их смыслов смыслу проблемы.

2.2 Единство форм представления смыслов дисциплин.

2.3 Общность языка описания дисциплин.

2.4 Синтез смыслов дисциплин по схеме типа “Ромашка”

2.5 Моделирование пространственного осязания руки человека

2.6 Моделирование акцептора результата действий функциональной системы захвата (П.К. Анохин)

2.7 Моделирование функциональных принципов двигательного акта руки человек (А.И. Тимофеев)

2.8 Применение физического принципа виртуальных перемещений Лагранжа в векторном исполнении

2.9 Критерии качества описания смыслов дисциплин:

2.5.1 Полнота смысла.

2.5.2 Рациональность.

2.5.3 Когнитивная относительность.

2.5.4 Ясность смысла.

3. Процедура принятия решения.

3.1 Закон встречных логических возможностей. (А.Е. Александров)

4. Результаты виртуальной деятельности ИРР.

4.1 Прогнозирование надежности захвата неориентированных объектов сложных форм через детерминирование ситуации и оценку результатов ситуационного моделирования до отрыва объекта от исходного состояния.

Онтологический подход позволяет подготовить информационный базис для разработки технического задания на проектирование. В результате идеи решения проблемы и методы их реализации, заимствованные из биологии и трансформированные через законы физики и других дисциплин, возможно представить в удобной форме в виде решений, с которыми необходимо координировать и алгоритмы функционирования и конструктивные решения систем управления, узлов и механизмов создаваемых технических систем.

Кардинальное решение этой проблемы, по существу, представляет собой *техническое моделирование замечательной способности естественного сознания – предвидение результата развития ситуации в неопределенных условиях* с применением оценки будущих событий.

Вышеупомянутое применено в проекте модели искусственной разумной руки с антропоморфными пальцами и ладонью матричного типа, предназначенными для безударного захвата неориентированных объектов сложных форм с обеспечением надежности захвата.

Область применения

Промышленность – роботизация единичных и мелкосерийных многономенклатурных производств в машиностроении.

Экстремальные среды – роботизация освоения Космоса, морских глубин, тематики МЧС.

Медицина – интеллектуальные протезы рук и спецманипуляторы для инвалидов ног.

Спорт – новый вид спорта для молодежи – соревнования с применением спецманипуляторов по сборке и монтажу объектов и систем с манипулированием их фрагментами.

Бытовые роботы – уборка, например, использованной посуды, уход за больным и т.д.

Заключение

В результате применения *онтологического подхода* кардинальное техническое решение актуальной проблемы представляет собой *дедуктивную логическую систему* с применением *псевдофизической логики,* использующей временные, пространственные каузальные отношения и отношения действий в информационно управляемой модели процессов прогнозирования надежности захвата в условиях неопределенности (информационный инструментарий формирования прогноза) с принятием и реализацией решения. Примененный образный способ представления и обработки многоуровневой информации обеспечивает *семантическую выразительность* как процедуры принятия решения, так и его параметров.

Это позволит будущей интеллектуальной робототехнике**,** а также новому классу интеллектуальных протезов для инвалидов (и с парализованными руками), совершить принципиально новый функциональный скачек – активное вторжение в реальную обитель человека благодаря приобретенной способности *детерминирования естественной среды в автономном режиме* в качестве аналога руки человека.

Литература

1. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы / Анохин П.К. – Москва : Наука, 1980.
2. Кацуро Я. Исследования антропоморфной механической руки с индивидуальными приводами на пальцах / Я. Кацуро ; [пер. ГПНТБ №78/42192]. – Япония, 1978.
3. Irina Ezhkova. Self-organizating representations. Cybernetics and systems / Irina Ezhkova // An International Journal. – 2005. – № 36. – P. 861-875.
4. Савельев С.В. Происхождение мозга / Савельев С.В. – Москва 2005.
5. Судаков К.В. Рефлекс и функциональная система / Судаков К.В. – Новгород, 1997.
6. Тимофеев А.И. Семиотическая основа процессов прогнозирования в неопределенных условиях. Материалы / А.И. Тимофеев// Десятая национальная конференция по искусственному интеллекту. (25 – 28 сентября 2006). – Обнинск : Физматлит, 2006.
7. Тимофеев А.И. «Разумная» рука манипуляционных роботов – модель функциональной системы захвата предметов / А.И. Тимофеев // Информационные модели информационных систем [под ред. К.В. Судакова, В.А. Викторова]. – Москва : РАМН, фонд «Новое тысячелетие», 2004.
8. Тимофеев А.И. О процессах самоорганизации технических систем в условиях неопределенности // Материалы 4-й Всероссийской мультиконференции (3 – 8 октября 2011, с. Дивноморское, Россия). – Т. I.

9. Тимофеев А.И. Об информационных моделях самоорганизации (на примере технической модели – системы захвата) // Вестник Международной академии наук (русская секция). – 2005.– №1.
10. Timofeev A. Artificial intellectual hand: Capture reliability prognosis of non-oriented complex shape objects for manipulating robotics / A. Timofeev // EMCSR 2012 – European Meeting on Cybernetics and Systems Research, University of Vienna, (10 – 13 of April, 2012).
11. Юзвишин И.И. Основы информациологии / Юзвишин И.И. Москва : Высшая школа, 2001.

Literatura

1. Anohin P.K. Uzlovye voprosy teorii funkcional'noj sistemy / Anohin P.K. – Moskva : Nauka, 1980.
2. Kacuro Ja. Issledovanija antropomorfnoj mehanicheskoj ruki s individual'nymi privodami na pal'cah / Ja. Kacuro ; [per. GPNTB №78/42192]. – Japonija, 1978.
3. Irina Ezhkova. Self-organizating representations. Cybernetics and systems / Irina Ezhkova // An International Journal. – 2005. – № 36. – P. 861-875.
4. Savel'ev S.V. Proishozhdenie mozga / Savel'ev S.V. – Moskva 2005.
5. Sudakov K.V. Refleks i funkcional'naja sistema / Sudakov K.V. – Novgorod, 1997.
6. Timofeev A.I. Semioticheskaja osnova processov prognozirovanija v neopredelennyh uslovijah. Materialy / A.I. Timofeev// Desjataja nacional'naja konferencija po iskusstvennomu intellektu. (25 – 28 sentjabrja 2006). – Obninsk : Fizmatlit, 2006.
7. Timofeev A.I. «Razumnaja» ruka manipuljacionnyh robotov – model' funkcional'noj sistemy zahvata predmetov / A.I. Timofeev // Informacionnye modeli informacionnyh sistem [pod red. K.V. Sudakova, V.A. Viktorova]. – Moskva : RAMN, fond «Novoe tysjacheletie», 2004.
8. Timofeev A.I. O processah samoorganizacii tehnicheskih sistem v uslovijah neopredelennosti // Materialy 4-j Vserossijskoj mul'tikonferencii (3 – 8 oktjabrja 2011, s. Divnomorskoe, Rossija). – T. I.
9. Timofeev A.I. Ob informacionnyh modeljah samoorganizacii (na primere tehnicheskoj modeli – sistemy zahvata) // Vestnik Mezhdunarodnoj akademii nauk (russkaja sekcija). – 2005. – №1.
10. Timofeev A. Artificial intellectual hand: Capture reliability prognosis of non-oriented complex shape objects for manipulating robotics / A. Timofeev // EMCSR 2012 – European Meeting on Cybernetics and Systems Research, University of Vienna, (10 – 13 of April, 2012).
11. Juzvishin I.I. Osnovy informaciologii / Juzvishin I.I. Moskva : Vysshaja shkola, 2001.

RESUME

A.I. Timofeev, V.A. Dmitrieva

Ontological basis of the project «Artificial intellectual hand»

In the article the ontological approach is the low structure process of formalization interdisciplinary knowledge before generation the technical requests of the project.

Статья поступила в редакцию 03.04.2013.